

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennustuotanto

Tutkintotyö

Jussi Korpela

TALVIBETONINNIN LAADUNVARMISTUS

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Tampere 2007

diplomi-insinööri Harri Miettinen

Rakennustoimisto Pohjola Oy, vastaava mestari Juha Kortesus

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennustuotanto

Korpela, Jussi	Talvibetonoinnin laadunvarmistus
Tutkintotyö	26 sivua + 4 liitesivua
Työn ohjaaja	diplomi-insinööri Harri Miettinen
Työn teettäjä	Rakennustoimisto Pohjola Oy, vastaava mestari Juha Kortesus
Huhtikuu 2007	
Hakusanat	talvibetonointi, työohje, laadunvarmistus

TIIVISTELMÄ

Tämän tutkintotyön tarkoituksena oli tuottaa talvibetonoinnin työohje Rakennustoimisto Pohjola Oy:n työmaille. Työohje perustuu Suomen betoniyhdistyksen betonitekniikan oppikirjaan, työn ohjaajana toimineen diplomi-insinööri Harri Miettisen luentomateriaaleihin ja työn valvojan Juha Kortesuson antamiin ohjeisiin ja neuvoihin.

Talvibetonoinnissa tulee muutamia ylimääräisiä työvaiheita verrattuna normaaleissa olosuhteissa suoritettavaan betonointiin. Tämän vuoksi myös laadunvarmistukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Sääseurantaa on tehtävä ennen betonointityön aloitusta, jotta voidaan varautua mahdollisiin suojaus- ja sulatustarpeisiin. Valittava betonilaatu tulee miettiä tarkkaan, samoin muotit ja käytettävä kalusto on tarkastettava hyvin ennen työn aloitusta. Varakalustoa on oltava heti saatavilla.

Itse betonointi on suoritettava hyvin nopeasti, ja heti sen jälkeen on huolehdittava suunnitellusta suojauksesta ja valitun lämpökäsittelyn aloittamisesta. Betonin lujouden kehitystä seurataan, kunnes rakenne on saavuttanut nimellislujuutensa.

TAMPERE POLYTECHNIC

Construction Technology

Construction Management

Korpela, Jussi	Quality assurance of concreting in winter
Final Thesis	26 pages + 4 appendixes
Supervisor	M. Sc Harri Miettinen
Work provided by	Building firm Pohjola Oy, head of a worksite Juha Kortesus
April 2007	
Entries	concreting in winter, workingplan, quality assurance

ABSTRACT

Meaning of this final thesis was to create a workingplan of concreting in winters. I created this workingplan to use for building firm Pohjola Oy. Workingplan based on Finnish concreteunions textbook of concretetechnology, supervisor DI Harri Miettinen's lecturematerials and help of works provider Juha Kortesus.

Concreting in winter have a few accessory work phases than concreting normally have. That is the reason, why quality assurance is so important. Before concreting you have to watch the forecast so you can prepare for possible protecting- and melting treatments. Quality of concrete have to be chosen exactly and used methods need to be checked before using. You always must have reserve method if the ordinary doesn't work.

Concreting have to be done quickly and after that construction must protect and isolate right away. You have to start planed heating treatment and watch concrete's firm development as long as construction have achieved 60 % of it's planed firm.

ALKUSANAT

Sain idean tutkintotyöni työkaverini kanssa käydyn keskustelun pohjalta. Aihe tuntui sopivan haastavalta ja mielenkiintoiselta, joten päätin perehtyä siihen lisää ja tehdä työmaille suunnatun työohjeen oikeaoppisesta talvibetonoinnista.

Haluan kiittää työssä avustaneita henkilöitä: ohjaavaa opettajaa Harri Miettistä, Rakennustoimisto Pohjolaa, josta erityisesti työn valvojaa Juha Kortesuota ja kaikkia kavereitani rentouttavista vapaa-ajan hetkistä työn lomassa.

Tampereella 20. huhtikuuta 2007

Jussi Korpela

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
ALKUSANAT	4
1 JOHDANTO.....	6
2 NÄKÖKOHTIA TALVIBETONOINNISTA.....	7
2.1 Sääseuranta	7
2.2 Työmenetelmät.....	7
2.3 Kalusto	9
2.4 Betonin laatu	10
2.5 Betonointityö.....	11
2.6 Lämmitys ja suojaus.....	12
2.7 Lujuuden kehityksen seuranta.....	16
3 TALVIBETONOINTITYÖN TEHTÄVÄT.....	18
3.1 Aloittavat työt.....	18
3.2 Betonointityö.....	18
3.3 Lopettavat työt.....	18
4 LAADUNVARMISTUS.....	19
4.1 Työtä edeltävä laadunvarmistus.....	19
4.2 Työn aikainen laadunvarmistus.....	20
4.3 Työn jälkeinen laadunvarmistus.....	20
4.4 Työn laatuvaatimukset.....	21
5 TALVIBETONOINNIN RISKIANALYYSI.....	21
6 TEKNISIÄ LAATUVAATIMUKSIA.....	23
6.1 Käytettävät materiaalit.....	23
6.2 Valmis työ.....	23
7 TALVIBETONOINNIN TYÖOHJEEN LAADINTA.....	24
PÄÄTELMÄT.....	25
LÄHTEET.....	26
LIITE 1 Työohje	

1 JOHDANTO

Tutkintotyön tavoitteena on laatia Rakennustoimisto Pohjola Oy:n käyttöön työohje talvibetonoinnin laadunvarmistukseen. Tarkastelen työssäni talvibetonoinnin erikoispiirteitä ja niiden takia hieman normaaliolosuhteissa suoritettavan betonoinnin kanssa eroavaista laadunvarmistusta. Tarkastelen laadunvarmistusta työmaan näkökulmasta. Työohje on tutkintotyön liitteenä.

Talvibetonointia on kahta perustyyppiä, paikalla valettavat rakenteet ja betonielementtien juotokset. Paikalla valettavien rakenteiden osalta työssä esitellään niiden erityispiirteitä kylmänajan betonoinnissa, ja laadunvarmistus pidetään mielessä koko prosessin ajan eli työtä edeltävästä laadunvarmistuksesta aina työn jälkeiseen laadunvarmistukseen. Työssä ei käsitellä betonielementtien juotoksia, toisin kuin liitteenä olevassa työohjeessa. Ohjeet on laadittu molemmille tyypeille ja niihin kuuluu myös lämmitysmenetelmävertailu, josta selviää, mille rakenteelle kyseinen lämmitysmenetelmä parhaiten soveltuu.

2 NÄKÖKOHTIA TALVIBETONOINNISTA

2.1 Sääseuranta

Jos on olemassa mahdollisuus, että jossakin betonoinnin vaiheessa työ suoritetaan kylmällä säällä, on siihen varauduttava jo varhaisessa vaiheessa. Suomessa normaalisti lähes 2/3 vuotta on kylmän sään tuomat vaikutukset työsuoritukseen otettava huomioon. Silloin on tehtävä erillinen betonointisuunnitelma ja suoritettava tarvittavat hankinnat, niin kalustollisesti kuin materiaalienkin osalta. /1;3/

Betonoinnin laajuus vaikuttaa seurattavan ajan pituuteen, joka on kohde- ja työkohtainen. Seurannassa on otettava huomioon sekä talvibetonoinnin vaatimat erityiset aloitustyöt että itse betonoinnin jälkeen suoritettavat lopettavat työt ja muotinpurku. Näin ollen seurattava ajanjakso voi kestää muutamasta päivästä jopa viikkoihin. Lämpötilojen tarkkailu ja sääennusteiden seuraaminen ovat tärkeässä osassa talvibetonoinnin suunnittelussa. Alustavan työnsuunnittelun avuksi on olemassa sääolosuhteita koskevia tilastoja, mutta paikalliset sääolosuhteet voivat vaihdella erittäin paljon, joten pelkkiin tilastoihin sääseuranta ei voi perustua /1;3/.

Sää tiedotuksia saa nykyisin monesta eri lähteestä, mutta Rakentajan sääpalvelu on rakentajien toivomusten perusteella tehty ja sieltä saa erityisesti tietoja, joilla on merkitystä rakennustyössä. Näin ollen sen käyttö on suositeltavaa, sillä toimiva sääseuranta helpottaa päivittäisiä työjärjestelyjä. /1/

2.2 Työmenetelmät /1;3/

Perustukset

Perustusten rakentamiseen kylmissä olosuhteissa on kaksi järkevää vaihtoehtoa. Käytetään normaalibetonia ja lankalämmitystä tai kuumabetonia ja tehokasta lämpösuojausta. Huomioitavia seikkoja ovat että maa on sula ja roudaton sekä muotit ja raudoitus ovat puhtaita lumesta ja jäältä. Perustukset ovat yleensä varsin massiivisia, joten niissä itsessään muodostuu jo hyvin paljon energiaa, joka on hyödyksi rakenteen kovettumisreaktiolle.

Lisäksi sääseuranta ennen betonointia, riittävä suojaus ja lämmitys sekä tarkkaavainen lujuuden kehityksen seuranta betonoinnin jälkeen takaavat onnistuneen työsuorituksen.

Pystyrakenteet

Vallitseva muottikierto vaikuttaa betonilaadun ja lämpökäsittelyn valintaan. Mikäli muottikierto on yli 2 vuorokautta, käytetään normaalibetonia ja lämpökäsittelyä ja kun muottikierto on alle 2 vuorokautta, käytetään nopeasti kovettuvaa betonia tai vaihtoehtoisesti lujuusluokan nostoa. Pystyrakenteiden muotit on eristettävä huolellisesti ja erityistä huomiota on kiinnitettävä ala- ja yläpäihin, joihin lämmitystä on vaikea kohdistaa. Pystyrakenteen yläpinta tulee lämpösuojata ja muottien yli vetää suojapeite.

Pystyrakenteiden lämmitykseen soveltuvat parhaiten lämmitettävät muotit, lankalämmitys, pilareissa kuumailmalämmitys ja tiivis huputus sekä kuumabetoni. Lämmitys tulee kytkeä pois päältä muutamaa tuntia ennen muotin purkua, jotta välttyttäisiin liian suurien lämpötilaerojen aiheuttamalta halkeilulta. Kuvasta 1 on nähtävissä seinän alapäähän asennettu lämmityslanka.



Kuva 1 Riskialueen lisälämmitys /6/

Aivan kuten aina talvibetonoinnissa, sääseuranta, lämpöeristys ja suojaus sekä lujuuden kehityksen seuranta ovat ensiarvoisen tärkeitä toimenpiteitä, jotta haluttu lopputulos saavutetaan.

Vaakarakenteet

Betonoidessa vaakarakenteita kylmissä olosuhteissa, on vallitsevalla muottikierrolla merkittävä vaikutus valittaessa betonilaatua ja lämpökäsittelyä. Mikäli muottikierto on yli 3 vuorokautta, voidaan käyttää normaalibetonia ja lämpökäsittelyä ja kun muottikierto on nopeampi, käytetään nopeasti kovettuvaa betonia ja lämmitystä. Nopeaa muottikiertoa käytettäessä on edullisempaa valita nopeasti kovettuva betoni ja lämmitys kuin normaalibetonin lujuusluokan nosto ja lämpökäsittely.

Lämmitys voi tapahtua kuumailmalämmityksellä, kuumabetonilla, lämmitettävillä pöytämuoteilla tai hyvin useasti käytettävillä, laatan alle jäävään tilaan sijoitetuilla säteilylämmittimillä. Tilasta tulee tehdä vedoton tasaisen lämmityksen aikaansaamiseksi. Kylmäsiltilakohdissa ja laatan reunoilla on sään mukaan harkittava lisäksi lankalämmitystä.

Tässäkin tapauksessa, ennen betonointia tapahtuva sääseuranta, asianmukainen tiivis suojaus ja lämmöneristys ja lujuuden kehityksen seuranta antavat edellytykset halutun lopputuloksen saavuttamiseksi.

2.3 Kalusto

Talvibetonoinnissa käytettävä kalusto ei olennaisesti eroa normaaliolosuhteissa suoritettavan betonoinnin vaatimasta kalustosta. Betonoitava rakenne, sen sijainti ja käytettävissä oleva työskentelytila antavat tärkeimmät lähtökohdat betonoinnissa käytettävää kalustoa suunniteltaessa. Mitä ankarammat olosuhteet, sitä enemmän ja järeämpää kalustoa tarvitaan, jotta työ saadaan suoritettua turvallisesti ja laadukkaasti. Aina betonoidessa kylmissä olosuhteissa on varauduttava häiriöihin, joten varakaluston on oltava kunnossa ja valmiina käytettäväksi välittömästi.

Ankarissa olosuhteissa tarvitaan seuraavanlaista kalustoa:

- lämmityslaitteita
- lämmitykseen tarvittavia aineita
- tarvikkeita betonin peittämiseen, suojaamiseen ja eristämiseen
- tarvikkeita muottien ja raudoituksen suojaamiseen
- lumen ja jään sulatukseen tarvittavia välineitä
- mittareita lämpötilojen seurantaan.

Muotteja saatetaan myös tarvita normaalia enemmän, mikäli muottikierto kylmyyden vuoksi hidastuu. Ennen työn aloitusta on aina varmistettava, että käytettäväksi suunniteltu kalusto on sulatettu lumesta ja jäädystä juuri ennen käyttöä, ettei se ehdi jäätä uudelleen.

2.4 Betonin laatu /1/

Käytettävän betonin laatu koostuu monesta tekijästä. Rakenne ja sen suunniteltu käyttötarkoitus on ensimmäinen huomioitava tekijä valittaessa käytettävää betonia. Tarkoituksena on aina saada nopea ja turvallinen muottikierto läpi betonoinnin. Tarvittaessa betonin lujuusluokkaa saatetaan nostaa alkuperäisestä yhdellä tai kahdella lujuusluokalla vallitsevan lämpötilan mukaan. Lujuusluokan nostolla saavutetaan nopeammin muotin purkulujuus, mikä on toimenpiteelle riittävä perustelu. Lisäksi usein tulee käyttää Rapid-mentistä valmistettua, nopeasti kovettuvaa betonia normaalin sijasta, mikä myös nopeuttaa jäätymislujuuden ja muottien purkulujuuden saavuttamista. Nopeasti kovettuvan betonin tarvitsema lisälämmitys ja lämpötila ovat pienempiä kuin normaalisti kovettuvalla betonilla. Jossain tapauksessa saattaa eteen tulla myös pikabetonin käyttö, joka saavuttaa nopeasti kovettuvaa betoniakin nopeammin jäätymis- ja purkulujuutensa.

Betonimassan lämpötila on tärkein tekijä talvibetonoinnissa. Onkin usein perusteltua käyttää kuumabetonia, mikä lyhentää betonin sitoutumisaikaa ja nopeuttaa hydrataatioreaktiota. Kuumabetonin lämpötila on yleensä 30 °C...40 °C, kun normaalibetonin on 20 °C. Jos rakenne joutuu suunnitellussa käyttötarkoituksessaan alttiiksi säänvaihteluille, tulee se tehdä pakkasenkestävänä, huokoistettuna. Näin rakenteessa olevan, jäätyessään laajenevan veden aiheuttamat betonin sisäiset rasitukset eivät pääse rikkomaan rakennetta. Pakkasbetonin käyttö on yleistä etenkin elementtien juotoksissa, koska juotosten lämmitys on hankala

toteuttaa muuten kuin lankalämmityksellä. Betonin koostumuksessa talvibetonoinnin kannalta tärkein asia on mahdollisimman alhainen vesisementtisuhte, jonka käyttö on perusteltua sen vaikutuksella lujuuden kehitykseen. Lisäaineista tärkeimpiä ovat kiihdyttimet, joilla voi olla myös jäätympistettä alentava vaikutus. Lisäaineilla on myös haittavaikutuksensa, sillä säänkestävyys heikkenee, kutistuminen kasvaa ja raudoituksen korroosiovaaraa lisääntyy.

2.5 Betonointityö /1;3/

Kylmän sään betonoinnissa on edullista ja tärkeää, että betonin kuljetukset ovat mahdollisimman lyhyitä ja nopeita. Lisäksi siirtoja kuljetuslaitteesta toiseen tulisi olla mahdollisimman vähän lämpöhäviön minimoimiseksi. Mikäli kuljetusmatka kuitenkin on pitkä, tulee massa suojata tai lämpöeristää. Näin on toimittava myös silloin, kun massa joutuu olemaan vastaanottosäiliössä pidemmän aikaa. Kuvassa 2 on meneillään lankalämmityksellä hoidetun maanvaraisen laatan betonointi. Kuten kuvasta nähdään, varaukset ovat paikoillaan ja betonointi pyritään suorittamaan mahdollisimman nopeasti, mutta kuitenkin huolellisesti ja turvallisesti.



Kuva 2 Maanvaraisen laatan betonointi /6/

Betonoinnin alussa on tarkastettava, että kaikki suunnitellut varaukset, mahdolliset lämmityslangat ja lämpötilan seurantaan vaadittavat mittausvälineet ovat paikallaan. Betonointi on suoritettava nopeasti ja systemaattisesti ja sitä seuraa aina välitön lämpösuojaus ja mahdollisen lämpökäsittelyn aloitus. Betonoinnin yhteydessä on kuitenkin muistettava seurata betonimassan lämpötilaa. Järkevin betonointitapa kylmissä olosuhteissa on betonin pumppaus.

On hyvä pitää mielessä, että on edullisempaa välttää lämpöhäviöitä kuin lämmittää betonia myöhemmin. Mikäli kuitenkin turvaudutaan lämpökäsittelyyn, on yleensä edullisempaa käyttää lämmityksessä korkeampaa lämpötilaa lyhyemmän ajan kuin matalaa lämpötilaa pitkään.

2.6 Lämmitys ja suojaus

Suojaus

Onnistuneen talvibetonoinnin tärkeimpiä edellytyksiä on hyvin suunniteltu ja toteutettu lämpökäsittely sekä samanaikainen rakenteen oikeaoppinen suojaus, jota tehdään jo betonoinnin varhaisemmassakin vaiheessa muotteja ja raudoitusta suojattaessa. Tämä varhainen suojaus on myös ensiarvoisen tärkeää ja onnistuessaan se vähentää yhden talvibetonointiin useasti kuuluvan ylimääräisen työvaiheen, muottien ja raudoitusten sulatuksen.

Suojausta suunniteltaessa on hyvä olla tietoinen tuulen kylmyyttä lisäävästä vaikutuksesta. Tuuli lisää lämmön siirtymistä ja edistää kosteuden haihtumista ja näin ollen usein vaikuttaa betonirakenteen suojauksen suunniteluun. Taulukosta 1 nähdään hyvin, että vaikka ilman lämpötila olisikin 0 °C, niin jo 6 m/s puhaltava tuuli lisää kylmyyden vaikutuksen -10 °C tasolle. Tässä on hyvin huomattavissa se, miksi suojausta pidetään erittäin tärkeänä onnistuneen talvibetonoinnin osana.

Taulukko 1 Tuulen vaikutus lämpötilojen erotukseen /1/

Tuuli [m/s]	Ilman lämpötila [°C]								
	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
Tyyri	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
2	9	4	-1	-6	-11	-16	-21	-26	-31
4	5	-1	-7	-13	-18	-24	-30	-37	-43
6	3	-4	-10	-17	-24	-30	-37	-43	-50
8	1	-6	-13	-20	-27	-34	-41	-48	-55
10	0	-8	-15	-22	-30	-37	-44	-52	-59
12	-2	-9	-17	-24	-32	-39	-47	-54	-62
14	-2	-10	-18	-26	-33	-41	-49	-56	-64
16	-3	-11	-19	-27	-34	-42	-50	-58	-66
18	-3	-11	-19	-27	-35	-43	-51	-59	-67
20	-4	-12	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68

Vaakarakenteiden suojauksessa esille nousee oleellisen tärkeänä alapuolisen tilan vedottomuus, sillä sinne on saatava tasainen lämmitys. Lisäksi olosuhteiden ja rakenteiden mukaan voi ratkaista, suojataanko heti valun edetessä vai vasta seuraavana aamuna. Jos suojataan heti, suositellaan käyttämään kevyitä pakkasmattoja tai rullattavia lämpöpeitteitä. Sen sijaan jo kovettuneen betonin suojauksessa parhaina pidetään raskaita peitteitä. Kuvassa 3 on valittu heti tapahtuva suojaus käyttäen rullattavia lämpöpeitteitä. /1;3/



Kuva 3 Vaakarakenteiden suojaus /6/

Pystyrakenteissa riskialueita ovat rakenteen ala- ja yläpää. Seinissä alaosan lämpösuojaus on todella tärkeää ja pilareissa suositellaan huputusta ja kuumailmalämmitystä sekä lankalämmitystä. Lämpösuojaus on aina tehtävä heti muotinpurun jälkeen. /1;3/

On rakenne minkälainen tahansa, on ensiarvoisen tärkeää tiedostaa sen riskialueet ja kohdistaa paras mahdollinen suojaus sinne missä sitä eniten tarvitaan, kuten kylmäsihtakohtiin ja rakenteen reuna-alueille.

Lämmitys /1;3/

Betonin lämmityksen ja lämpökäsittelyn tarkoituksena on varhaislujuuden kehityksen nopeuttaminen, jotta saavutetaan jäätymislujuus 5 MN/m^2 ja muottien purkulujuus mahdollisimman nopeasti. Näin päästään myös nopeaan ja joustavaan muottikiertoon ja säästetään kustannuksissa. Kuvassa 4 nähdään paljon käytetty lankalämmitys käyttövalmiina. Rakenne on valmis betonoitavaksi.



Kuva 4 Lankalämmitys asennettuna /6/

Lämpökäsittelyksi luokitellaan, jos

- betonimassan lämpötila $> + 40\text{ °C}$
- lämpötila kovettumisvaiheen aikana $> + 50\text{ °C}$
- lämpötilan nousu kovettumisvaiheen aikana $> 25\text{ °C}$.

Lämpökäsittelyllä on myös seurauksensa, sillä se vaikuttaa aina myös kovettuneen betonin ominaisuuksiin. Loppulujuus ja pakkasenkestävyys alenevat. Lämpötilan mukaan lujuuskato on yleensä 0...30 %. Siksi lämpökäsittelyn vaikutukset on selvitettävä etukäteen, jotta niihin voidaan varautua. Yleensä se tarkoittaa yhden tai kahden lujuusluokan korotusta suunniteltuun betonilaatuun.

Lämmönkohotusvaiheessa on lämpötilan oltava mahdollisimman tasainen koko rakenteessa, ettei synny halkeilua. Lämpötilan nousunopeus voi rakenteen paksuuden mukaan olla 10 °C/h...30 °C/h. Mitä massiivisempi rakenne, sitä hitaampi lämpötilan nousunopeus.

Tasalämpövaiheessa pyritään lämpötila pitämään vakiona, 50 °C...70 °C, hydrataatiolämmön avulla. Tasalämpövaiheen pituuteen vaikuttaa haluttu lopputulos. Jäätymisvaiheessa pätevät samat periaatteet kuin lämmönkohoitusvaiheessa. Näin pyritään hallitsemaan liiallisten lämpötilaerojen vuoksi syntyvää halkeiluvaaraa. Taulukosta 2 nähdään tunnetuimpien lämpökäsittelymenetelmien energian kulutus ja käytöllä saavutettuja betonin kovettumisaikoja.

Taulukko 2 Lämpökäsittelymenetelmien vertailua /1/

Menetelmä	Energian kulutus kWh/bm ³	Betonin kovettumisaika vrk
Lankalämmitys	60...100	1...3
Muottilämmitys	50...100	1...3
Infrapunalämmitys	90...180	1...3
Kuumailmalämmitys	150...500	2...5
Kuumabetoni	150...500	0,75...2

2.7 Lujuuden kehityksen seuranta

Merkittävin ero kylmän ja lämpimän kauden betonoinneissa on juuri lujuuden kehityksessä. Lujuuden kehitykseen voimakkaimmin vaikuttavat tekijät ovat sementin määrä ja betonin lämpötila. Lujuuden kehitys hidastuu merkittävästi lämpötilan laskiessa pakkaselle ja -10 ...-15 °C se lopulta pysähtyy kokonaan. Betonin lämpötilaa pidetään lujuuden kehitykselle riittävänä hyvällä, tiiviillä suojauksella ja lämpöeristyksellä sekä hyvin suunnitellulla lämpökäsittelyllä ja lämmityksellä. Tärkeitä ajankohtia lujuuden kehityksen kannalta ovat jäätymislujuuden, purkulujuuden ja nimellislujuuden saavuttaminen. Kaikki nämä ajankohdat tulee tietää, jotta välttyttäisiin virheiltilä ja vaurioilta ja saavutettaisiin haluttu lopputulos. /1;3/

Kun rakenne on saavuttanut jäätymislujuuden, se kestää jäätyvän veden laajentumisen aiheuttamat rasitukset rikkoontumatta. Jäätymislujuus on normien mukaan 5 MPa, ja sen saavuttamiseen vaikuttavat oleellisesti betonimassan ja ilman lämpötilat ja betonin lujuusluokka. Rakenteen saavutettua jäätymislujuuden, voidaan ei-kantavat muotit purkaa. Kantavien muottien purku voidaan suorittaa vasta, kun rakenne on saavuttanut 60 % nimellislujuudesta eli purkulujuuden. Kuitenkin, jos lujuuden kehityksen nopeuttamiseksi käytetään lujuusluokan korotusta, ei muottien purkulujuutta tarvitse korottaa. Nimellislujuus on

suunnittelijan määräämä lujuus, jonka jälkeen rakennetta voidaan alkaa kuormittaa suunnitellulla kuormalla. Aikaisemmin purkulujuuden ja nimellislujuuden saavuttamista seurattiin lämpötiloja, lämpöastevuorokausia tarkkailemalla sekä tekemällä silmämääräisiä havaintoja ja käyttämällä maalaisjärkeä. Lisäksi mahdollisesti käytettiin vieläkin hyvin yleistä koekappaleiden porausmenetelmää. Nykyisin teknologian kehityttyä on seurantaan olemassa Lohja Ruduksen kehittämä, paljolti käytetty ohjelma BetoPlus. /1;3/

BetoPlus on betonitöiden suunnitteluun ja lämmön- ja lujuudenkehityksen seuraamiseen laadittu tietokoneohjelma. Siihen syötetään betonimassan suhteitustiedot ja rakenteesta mitatut lämpötilat. Näiden tietojen perusteella se laskee rakenteen todellisen lujuudenkehityskäyrän, kypsyysasteen, rakenteessa olevat lämpötilaerot ja mahdollisen lujuuskadon halutussa kohdassa haluttuna hetkenä. Palvelu on helppo ja nopea, joten mahdollisia välilaskelmia on entistä helpompi suorittaa. /5/

Näiden tietojen pohjalta voidaan

- valita oikeanlainen suojaus ja tarvittaessa lisälämmitys
- arvioida purkulujuuden saavuttamisajankohta
- suunnitella muottikierto
- havaita kylmäsillat
- määrittää lämmityksen lopetusajankohta. /5/

Hallitsemalla betonin lujuuden kehityksen voi määritellä sille tärkeät ajankohdat aikataulussa ja rakenteen laadusta saa suunnitelmien mukaisen, muotin purkutyö on turvallista tehdä ja turhilta lämmityskustannuksilta säästytään. /3/

3 TALVIBETONOINTITYÖN TEHTÄVÄT /2/

3.1 Aloittavat työt

Betonointi liittyy seuraaviin rakennustöihin:

1. Muotin pystytys
2. Varaukset
3. Raudoitus
4. LVIS - asennukset
5. Varsinainen betonointi
6. Muotin purku

Itse betonointityö sijoittuu varsin loppupäähän ajateltaessa koko muottikiertoa, joten aloittavia töitä tulee aina muotin pystytyksestä asti:

- muotin laadunvarmistus
- mahdollisten varausten sijainninvarmistus
- raudoituksen laadunvarmistus
- mahdollisten LVIS - asennusten olemassa olon- ja sijainninvarmistus
- betonointityössä käytettävän kaluston valmistelu ja koekäyttö.

3.2 Betonointityö

- tartuntojen asennus
- massan vastaanotto ja siirto
- betonointi
- tiivistys
- tasaus, hiehto
- suojaus, lämmitys

3.3 Lopettavat työt

- kaluston ja välineiden puhdistus
- jälkihoito
- suojaus, lämmitys

Muotti puretaan betonoinnin jälkeen ja työ suoritetaan, kun on varmistuttu betonin riittävästä lujuudenkehityksestä.

4 LAADUNVARMISTUS

Tehtäessä betonirakenteita talvella nousee laadunvarmistus tärkeään osaan, jotta lopullinen rakenne saavuttaisi sille asetetut laatu-, turvallisuus- ja ympäristövaatimukset.

Laatuvaatimukset tulee käydä läpi ennen työn aloitusta ja tulee niiden toteutumista seurata työn edetessä. Seuraavassa esitetään tarkemmin laadunvarmistustoimenpiteitä työn eri vaiheissa. /2/

4.1 Työtä edeltävä laadunvarmistus /1;2/

Ennen työn aloitusta on varmistettava tarvittavien resurssien saatavuus, jotta työ on mahdollista suorittaa. Kylmän ajan betonitoissa on myös otettava huomioon varakaluston tarve, sillä pakkasella on varauduttava mahdollisiin häiriöihin ja työn viivästymisiin. Tärkeää on myös, että betonityöntekijät ovat työhönsä perehtyneitä ammattilaisia. Mikäli näin ei kuitenkaan ole, on työntekijät syytä perehdyttää talvibetonointiin.

Valmisbetonia tuovan kuljetuskaluston käyttämän väylän työmaan portilta vastaanottosiilolle tulee olla kantavuudeltaan ja leveydeltään kulloinkin käytettävän kaluston vaatimusten mukainen. Lisäksi betonin vastaanottosiilo on perustettava siten, että kaikki siirrot ovat turvallisia. Betonityösuunnitelma on tarkastettava hyvissä ajoin ja tarvittaessa sitä pitää tarkentaa. Suunnitelmassa olisi hyvä käsitellä seuraavat asiat:

- muottipintojen laatu
- raudoitus, varaukset, jako betonointiosiin
- betonilaatu ja valintaan vaikuttavat tekijät
- betonointimenetelmä, betonin siirrot, tiivistäminen, työsaumat
- betonointinopeus, muottien tiiviys, kestävyys ja tukirakenteet
- aikataulu, betonimenekki, työnjohto, henkilövahvuus
- varautuminen häiriöihin
- jälkihoito, lujouden ja muiden ominaisuuksien kehityksen seuranta
- muottien ja tukirakenteiden purkaminen
- valittu lämpökäsittely
- suojaus.

Mikäli suunnitelmassa esitetyissä kohdissa ilmenee puutteita, tulee ne korjata viipymättä. Lopuksi vielä ennen työhön ryhtymistä tarkastetaan, että työkohde on valmis ja turvallinen työskennellä, sekä sovitaan kohteen työn jälkeisestä siivouksesta.

4.2 Työn aikainen laadunvarmistus /1;2/

Aina tulee varmistaa, että työn aikana käytetään tarvittavia henkilökohtaisia suoja-aimia. Lisäksi on tarkastettava, että käytettävät telineet, kaiteet, koneet ja muu kalusto ovat turvallisia käyttää. Työkohde tulee pitää mahdollisimman siistinä läpi koko työn keston, sillä siisteys on yksi helpoimpia ja halvimpia tapoja estää tapaturmia. Muottien lujuus ja puhtaus lumesta ja jäästä on varmistettava ennen betonointia ja valun riittävä lujuuden kehitys ennen muottien ja tukien purkamista.

Betonointaessa pudotuskorkeus ei saa nousta yli 1,0...1,5 m erottumisen välttämiseksi. Erottumisen estämiseksi voi apuna käyttää esimerkiksi valusukkaa. Nosturinkuljettajan ja työkohteen välillä on oltava joko näkö- tai puhelinyhteys, jotta kuljettaja on aina ajan tasalla nostolaitteen sijainnista ja muista liikkeistä sen läheisyydessä. Betonoinnin ja tiivistyksen aikana pyritään olemaan vaurioittamatta mahdollisia varauksia, mutta silti olemaan huolellinen tiivistyksen onnistumiseksi hankalissa paikoissa, varauksien alapuolella. Talvibetonoinnin tulee tapahtua laadittujen suunnitelmien mukaisesti ja riittävän nopeasti, jotta haluttu laatu-taso saavutettaisiin.

Mikäli suunnitelmissa on valun yhteydessä asennettavia laitteita tai tartuntoja, on varmistettava niiden sijainti ja suoritettava asennus viipymättä. Tällöin huolehditaan betonoinnin jälkihoitosta ja oikeaoppisesta lämpökäsittelystä sekä suojataan rakenne viipymättä suunnitelmien mukaisesti. Jälkihoitoa jatketaan kunnes betoni saavuttaa rasitusluokkansa vaatiman prosenttiosuuden nimellislujuudestaan.

4.3 Työn jälkeinen laadunvarmistus /1;2/

Laadunvarmistus ei suinkaan lopu kun työ on saatu tehtyä, vaan työn jälkeinen laadunvarmistus on hyvin tärkeä matkalla suunniteltuun laatu-tasoon. Rakenteen jälkihoito, lämpökäsittely ja suunnitelmien mukainen suojaus tulevat esiin myös työn jälkeisestä laadunvarmistuksesta puhuttaessa. Betonin lujuudenkehityksen seuranta ja sen dokumentointi on ensiarvoisen tärkeä laadunvarmistustoimenpide. Seurannan avulla tiedetään, milloin rakenne on saavuttanut vaadittavan lujuuden muottien purkua varten. Lujuuden kehitystä

seurataan ja dokumentoidaan muottien purun jälkeenkin, aina nimellislajuuden saavuttamiseen asti.

Lisäksi on huolehdittava työkohteen siivoamisesta ja muottikaluston puhdistamisesta purun jälkeen. Seuraava työvaihe on ikään kuin edellisen asiakas. Lopuksi betonirakenteet tulee tarkastaa ennen niiden peittymistä ja varmistaa, että rakenne on sopimusasiakirjojen vaatimusten mukainen niin pinnan laadun, rakenteen lujuuden kuin mittatarkkuudenkin osalta. Kaikista tarkastuksista tulee laatia pöytäkirja, joka liitetään työmaan laatukansioon.

4.4 Työn laatuvaatimukset /2/

Talvibetonointityöt tulee tehdä ammattitaitoisesti ja suunnitellusti ottaen huomioon työ- ja ympäristöturvallisuusmääräykset sekä tuotteiden valmistajien ohjeet. Betonoinnin tulee täyttää kaikilta osiltaan sopimusasiakirjoissa esitetyt vaatimukset seuraavista seikoista:

- betonin laatu
- betonointimenetelmä
- muottien kestävyys
- valunopeus
- raudoituksen ja varausten mittatarkkuus
- tiivistys, tasaus
- jälkihoito, sääsuojaus
- lämpökäsittely
- työturvallisuus.

5 TALVIBETONOINNIN RISKIANALYYSI

Talvibetonointi on työ, joka huolimattomasti tehtynä voi aiheuttaa massiivisiakin vahinkoja. Siispä onkin erittäin tärkeää olla tietoinen työn sisältämistä vaaroista ja riskeistä, ja on osattava ennakoida ja sulkea pois niiden toteutumismahdollisuudet.

On tärkeää keskittyä keskeisimpiin ja suurimpiin riskeihin ja pyrkiä torjumaan niistä tärkeimmät. Asiat pitää ottaa esille ja dokumentoida tarkasti juuri sellaisina kuin ne todellisuudessa ovat. Vain rehellisyydellä päästään parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen. Tärkein asia on selvittää ja sopia, miten riskejä hallitaan sekä alkaa menetellä näin. /4/

Taulukko 3 Potentiaalisten ongelmien analyysi /1;3/

Vaaraa aiheuttava tilanne	Seuraukset	Varautuminen
lähtöpintojen riittämätön lämmitys	- massan lämpötila jää tavoiteltua alhaisemmaksi	- työnjohto - perehdytys
muottien, raudoitusten puutteellinen sulatus ja puhdistus	- betonin vesisementtisuhte vaihtelee sulavan lumen vuoksi - betonin laatu heikkenee rakenteiden alaosissa vesi–sementtisuhteen muutosten ja roskien vuoksi - massan lämpötila jää tavoiteltua alhaisemmaksi	- työnjohto - perehdytys
hidastelu peittämisessä, suojauksessa ja lämmityksen aloituksessa	- massan lämpötila jää tavoiteltua alhaisemmaksi - betoni jäätyy liian aikaisin → lujuuskato - lämpötilan lasku kasvattaa lämmityskustannuksia - rakenteeseen syntyy suuria lämpötilaeroja → halkeilua	- työnjohto - perehdytys
liian varhainen liikkuminen betonin päällä	- betonin pintaan syntyy lujuutta, kantokykyä heikentäviä painautumia	ehdoton kävelykielto
puutteellinen lujuudenkehityksen seuranta	- muottien purku liian aikaisin - betonin lujuuskehitys ei vastaa tavoitetta	- selkeä systeemi lujuudenkehityksen seurantaan

6 TEKNISIÄ LAATUVAATIMUKSIA /2/

6.1 Käytettävät materiaalit

Työn tulee täyttää sille sopimusasiakirjoissa esitetyt vaatimukset, joten käytettävien materiaalien tulee olla standardien mukaisia, laadultaan käyttökelpoisia tai vastaavia tuotteita.

6.2 Valmis työ

Paikalla valettujen perustusten mittatarkkuusvaatimukset /2, s.90/

Päämitat, pituus ja leveys		±30 mm
Yläpinnan korkeusasema		±20 mm
Sivusijainti		±30 mm

Paikalla valettujen seinien, perusmuurien ja porrastornien mittatarkkuusvaatimukset /2, s.90/

	Kellariseinät ja liukuvalu	Normaali luokka	Erikois luokka
Korkeus	±15 mm	±10 mm	±8 mm
Pituus	±15 mm tai L/350	±10 mm tai L/750	±8 mm tai L/500
Paksuus	±10 mm	±8 mm	±5 mm
Sivun käyryys seinä	±15 mm	±10 mm	±5 mm
ovi ja ikkuna	±8 mm	±5 mm	±5 mm
Aukon korkeus ja leveys mm	-5...+15 mm	-5...+15 mm	-5...+15 mm
Aukon korkeus lattiapinnasta	±20 mm	±15 mm	±10 mm
Aukon alakulmien korkeusero	15 mm	10 mm	10 mm
Seinän käyristymä tai poikkeama pystysuorasta	L/200	L/300	L/400
Sivusijainti	±20 mm	±15 mm	±10 mm

Sivusijainti ylä- tai alapuolisesta seinästä	±15 mm	±10 mm	±5 mm
Vapaa väli	±20 mm	±15 mm	±10 mm
Yläreunan korkeusasema			
vaakarakenteisiin liityttäessä	±15 mm	±10 mm	±5 mm

Pilarien mittatarkkuusvaatimukset /2, s.90/

Normaaliluokka		
Erikoisluokka		
Pituus	±15 mm	±10 mm
Poikkileikkaus	±10 mm	±5 mm
Käyryys	±10 mm tai H/750	±5 mm tai H/1000
Poikkileikkauksen kulmapoikkeama tai kiertymä	±5 mm tai b/20 b/10	±5 mm tai b/10
Pään kulmapoikkeama	±5 mm	±3 mm
Pinnan käyryys ja aaltoilu	by 40	by 40
Sivusijainti, korkeusasema, vapaa väli	±15 mm	±15 mm
Poikkeama pystysuorasta	±15 mm tai L/750	±10 mm tai L/1000

7 TALVIBETONOINNIN TYÖOHJEEN LAADINTA

Laadin liitteenä olevan talvibetonoinnin työohjeen Rakennustoimisto Pohjola Oy:lle. Talvibetonointi on erikoistyö, joka väärin tehtynä voi aiheuttaa valtaviakin vahinkoja. Ohje on laadittu edesauttamaan ja ohjaamaan oikeanlaiseen talvibetonoinnin työsuoritukseen työmailla.

Työohje perustuu Suomen betoniyhdistyksen, betonitekniikan oppikirjaan, työn ohjaajana toimineen diplomi-insinööri Harri Miettisen luentomateriaaleihin ja työn valvojan Juha Kortesuon antamiin ohjeisiin ja neuvoihin.

Työohjeessa käsittelen myös elementtien talvijuotoksen, jota en raporttiin rajauksien vuoksi sisällyttänyt. Elementtijuotokset ovat kylmissä olosuhteissa suoritettuna myös talvibetonoinnin alaiseksi luettavia töitä ja sen vuoksi katsoin sen tarpeelliseksi työohjeen osaksi.

PÄÄTELMÄT

Talvibetonoinnissa on muutama ylimääräinen, kylmistä olosuhteista johtuva työvaihe, jotka korostavat sen laadunvarmistuksen tärkeyttä. Kuitenkin hyvin suunniteltuna talvibetonointi on mahdollista toteuttaa häiriöttä. On alusta alkaen tärkeää olla tietoinen mitä tekee ja on osattava ennakoida miten haluttu laatutaso saavutetaan. Huolellinen ennakkosuunnittelu työn eri vaiheista on perusta onnistuneelle talvibetonoinnille. Ennen työn aloitusta on laadittava selkeä ja kaikki tärkeimmät toimenpiteet sisältävä betonointisuunnitelma, joka muodostaa rungon työn toteutukselle.

Onnistuneeseen talvibetonoinnin työsuoritukseen on olemassa selkeä toimintamalli. Ennen työhön ryhtymistä tulee seurata säätiedotuksia, jotta ollaan tietoisia olosuhteista valuhetkellä ja lujuuden kehityksen kannalta tärkeänä muutamana seuraavana päivänä. Näillä tiedoilla pystytään valitsemaan oikea betonilaatu ja suunnittelemaan suojaus- ja lämmitys tarvetta jo etukäteen. Ennen valua pitää muottien ja raudoitusten kunto, puhtaus, sulana pysyminen ja oikea sijainti varmistaa, sekä mahdollisten varausten sijainti tarkastaa. Valu on suoritettava nopeasti, mutta kuitenkin huolellisesti ja sen jälkeen on tehtävä viipymätön suojaus ja lämpöeristys. Tässä yhteydessä tulee olla tiedossa lämmityksen aloittamisajankohta. Valun jälkeen seurataan betoniin lämpötilaa ja sen myötä lujuuden kehitystä. Lujuuden saavutettua rakenteelle suunnitellun muottien purkulujuuden voidaan muotit purkaa ja rakenne suojata uudestaan. Lujuuden kehityksen seuranta ei suinkaan lopeteta tähän, vaan sitä seurataan siihen asti, kunnes rakenne on saavuttanut suunnitellun lujuutensa. Vasta tällöin rakennetta voidaan alkaa kuormittamaan sille suunnitellulla kuormalla.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

- 1 Betonitekniiikan oppikirja BY 201. Suomen Betoniyhdistys r.y. Suomen Betonitieto Oy, Gummerus. Jyväskylä 2001.
- 2 Rakennustöiden laatu 2005. Rakennustieto Oy

Painamattomat lähteet

- 3 Miettinen, Harri, Betoniteknikka. Kurssimateriaali. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennusosasto. Tampere 2007.

Sähköiset lähteet

- 4 VTT. [www-sivu]. [viitattu 11.4.2007] Saatavissa:
<http://riskianalysit.vtt.fi/indexe5b3.html> 11.4.2007
- 5 Lohja Rudus Oy. [www-sivu]. [viitattu 14.4.2007] Saatavissa:
<http://www.lohjarudus.fi/valmisbetoni/default.asp?cat=2&va=24>
- 6 Rakennustoimisto Pohjola Oy:n arkisto



Jussi Korpela

Talvibetonoinnin laadunvarmistuksen työohje



Johdanto

Tämä ohje on tehty helpottamaan talvibetonoinnin suunnittelua ja toteutusta työmailla. Ohjeessa perehdytään työn onnistumisen kannalta keskeisiin asioihin työmaan näkökulmasta. Hyvään ja toivottuun lopputulokseen päästään laadukkailla materiaaleilla sekä noudattamalla tätä ohjetta ja hyviä työtapoja.

Talvibetonoinnin työohje

Paikalla valu

Ensimmäisenä tulee valita soveltuva betonityyppi. Sitten pitää suunnitella betonointijärjestys ja rakenteen mahdollinen jako betonointiosiin. Selvitä tarvittava lämmityslaitteiden määrä, tehon tarve sekä niiden oikea sijoitus ja suuntaus. Tarkista muottien kunto sekä määrä ja puhdistusta ja sulata ne lumesta ja jäätä samoin kuin käytettävä kalusto ja betonin vastaanottopaikka. Huolehdi muottien suojauksesta mahdollisten lumisateiden varalta ja aloita muottien esilämmitys ajoissa. Tarvittaessa opasta työntekijät talvibetonointiin ja tarkista valitun lämmitysjärjestelmän oikeaoppinen asennus.

Betonointi on tehtävä nopeasti. Muista kuitenkin seurata betonimassan lämpötilaa valun aikana ja huolehdi valun nopeasta suojauksesta.

Tarkkaile, että lämmitys sujuu suunnitelmien mukaisesti ja seuraa betonin lämpötilan kehitystä vähintään muotin purkuhetkeen asti ja kirjaa se pöytäkirjaan. Älä pura muotteja ennen kuin betoni on saavuttanut purkulujuutensa = 60 % nimellislujuudesta. Huolehdi, että purku sujuu suunnitellussa järjestyksessä ja, että varatuet asennetaan purkutyön edistymisen mukaan. Estä rakenteen liian nopea jäähtyminen suojauksin.

Varaudu häiriöihin ja olosuhteiden muutoksiin!



Elementtijuotos

Huolehdi, että elementit asennetaan suunnitelman mukaisesti. Suojaa elementit asennuksen jälkeen lumelta ja jäältä. Valitse soveltuva betonityyppi ja selvitä tarvittava lämmityslaitteiden määrä, tehon tarve sekä niiden sijoitus ja suuntaus. Sulata ja lämmitä elementtien saumat ennen juotosta ja suunnittele juotoksen lämmönsuojaus. Tarvittaessa opasta työntekijät talvijuotokseen ja tarkista valitun lämmitysjärjestelmän oikeaoppinen asennus. Esim. että lankalämmitystä käytettäessä langat on asennettu oikein.

Aloita lämmitys mahdollisimman aikaisin ja tarkkaile, että se tapahtuu suunnitelmien mukaisesti. Suorita itse juotos mahdollisimman nopeasti ja huolehdi juotoksen nopeasta suojauksesta. Muista seurata juotosmassan lämpötilaa. Seuraa juotoksen lämpötilaa rakennusaikaisen kuormituslujuuden saavuttamiseksi.

Varaudu häiriöihin ja olosuhteiden muutoksiin!

Lämmitysmenetelmien vertailua:

Lankalämmitys

Soveltuu parhaiten perustusten, pystyrakenteiden ja pilareiden lämmitykseen. Toimii hyvänä lisälämmityksenä myös isojen rakenteiden riskialttiilla reunavyöhykkeillä ja ala- ja yläpäissä.

Säteilylämmitys

Soveltuu parhaiten vaakarakenteiden lämmitykseen. Sijoitetaan rakenteen alapuolelle muodostuneeseen tilaan, joka suojataan vedottomaksi. Lämmittää alla olevan tilan ja siirtyy sitä kautta rakenteeseen. Ei sovellu lautamuotteille, mahdollisen palovaaran vuoksi.



Kuumailmalämmitys

Soveltuu parhaiten perustusten, vaakarakenteiden, pystyrakenteiden ja pilareiden lämmitykseen. Vaatii toimiakseen tiiviin huputussuojauksen ja vastakkaisen puolen lämpösuojauksen.

Kuumabetoni

Valetaan hyvin lämmöneristettyihin muotteihin. Korkean lämpötilan johdosta alkukovettuminen tapahtuu normaalisti ilman lisälämmitystä. Edullisinta 1...2 vuorokauden muottikierrossa. On energian käytön kannalta paras lämmitysmuoto, kunhan suojaus tehokasta. Etuna myös, että on riskittömin halkeilun suhteen, koska lämpö jakautunut tasaisesti betoniin. Soveltuu kaikkiin rakenteisiin ja on suositeltava, kunhan lämpösuojaus tehokasta.

Muottilämmitys, lämpöeristetty muotti

Soveltuu parhaiten perustusten ja pystyrakenteiden lämmittämiseen. Rakenteen yläpinta on suojattava.

Betonin käyttöön liittyviä vaaratekijöitä sekä turvallisuustoimenpiteitä:

Vaaratekijöitä:

- Ärsyttää ihoa
- Vakavan silmävaurion vaara
- Ihokosketus voi aiheuttaa herkistymistä

Turvallisuustoimenpiteitä:

- Säilytettävä lasten ulottumattomissa
- Varottava tuoreen betonin joutumista iholle
- Roiskeet silmistä huuhdeltava välittömästi runsaalla vedellä (15 min. ajan) ja mentävä lääkäriin
- Käytettävä sopivia suojakäsineitä ja silmien tai kasvojen suojaimia